

方格星虫消化道发育与摄食研究*

Study on *Sipunculus nudus* Digestive Tract Development and Food Intake Behaviors

童 潼, 邹 杰, 蔡德建, 彭慧婧, 杨家林, 文 雪

TONG Tong, ZOU Jie, CAI De-jian, PENG Hui-jing, YANG Jia-lin, WENG Xue

(广西壮族自治区海洋研究所, 广西北海 536000)

(Guangxi Institute of Oceanology, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要: 观察研究室内育苗、池塘中间培育和海区养殖过程中的方格星虫的消化道发育和摄食特点。结果表明, 方格星虫消化道结构由“C”环结构发育成双肠环结构, 变态 7~10d 后, 发育完善; 消化道随体长和生长日龄增加而增大, 成体方格星虫消化道约为其体长的 4 倍; 摄食饵料由单胞藻转变为底栖藻类和有机碎屑, 幼体摄食最大沙粒径小于翻吻触手基径; 方格星虫具有沙表进食习性。

关键词: 方格星虫 消化道 摄食行为 沙

中图分类号: S9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2011)03-0218-03

Abstract: By observing the *Sipunculus nudus* from indoor nursery, pond culture and sea farming, the digestive tract development and food intake behaviors were studied. The result showed that the digestive tract of *Sipunculus nudus* changed to forming a double helix and composed of two coiled loops developed from the shape “C” circle. The complete structure development needed 7~10 days after metamorphosis. The length of digestive tract grew longer and wider, which was about 4 times as long as the body length of the mature one. The food intake changed from unicellular algae to benthic algae and organic detritus. The sand size that the larve could eat was smaller than the diameter length of tentacle base, which indicated that the *Sipunculus nudus* searched food from the sand surface.

Key words: *Sipunculus nudus*, digestive tract, eating behaviors, sand

方格星虫 (*Sipunculus nudus*), 又称光裸方格星虫, 俗称“沙虫”, 其资源在南方沿海中较丰富^[1], 但是过渡的采捕使其自然资源日益减少。目前, 对方格星虫的研究主要集中在繁殖生物学与组织学^[2~4]。兰国宝等^[5]对方格星虫海球幼体消化道的形态有所提及。笔者通过对室内育苗、池塘中间培育和海区养殖过程中的方格星虫进行取样与观察, 系统研究方格星虫消化道的生长发育和摄食特点, 为方格星虫人工亲体培育与增养殖提供参考。

1 实验材料与方法

1.1 地点与材料

实验地点为广西海洋所竹林海水增养殖试验基

地。实验材料为 2008 年 7 月孵化的方格星虫。在其成长的不同阶段进行取样, 主要包括海球幼体阶段、幼体变态阶段、室内底栖苗阶段、池塘中间培育阶段和海区养成阶段。

1.2 实验方法

用显微镜和解剖镜观察、研究成体方格星虫消化道结构和不同生长阶段的方格星虫消化道的发育; 对方格星虫不同生长阶段的摄食习性进行观察; 统计方格星虫体内含沙量及其在无沙环境的日排沙量。具体方法是: 选取室内底栖苗、池塘中间育苗和海区养殖的方格星虫, 依其体重和生长日龄划分区段, 用酒精麻醉, 解剖测量其消化道长度, 同时以浓度为 10% 的次氯酸钠水溶液溶解躯体, 用筛分法统计方格星虫体内沙粒组成。

收稿日期: 2010-05-10

作者简介: 童 潼 (1982-), 男, 助理工程师, 主要从事海水养殖研究。

* 广西科学基金项目 (桂科基 0991015) 资助。

2 结果与分析

2.1 成体方格星虫消化道结构

与邓中日等^[6]的研究结果一致,成体方格星虫的消化道分为口、咽、食道、肠、盲肠、直肠和肛门,摄食器官为翻吻和触手。成体方格星虫的消化道约为其体长的4倍,通过肌纤维(固肠肌)与体壁相连,肌纤维密度为2~4个/厘米。肠是方格星虫消化道的主体,由双肠环组成,呈双螺旋状,两个肠环之间以及肠环下降支和上升支之间相互缠绕。

2.2 不同生长阶段的方格星虫消化道形态变化

方格星虫海球幼体消化道的发育经历了由直行变成3肠环阶段。初孵海球幼体消化道在发育第1d尚未弯曲;第2d开始弯曲;第3d已经形成1个不明显“C”肠环;第9~12d形成3个“C”肠环,前段膨大成胃状,随海球幼体伸缩而改变其形状。

方格星虫海球幼体在生长9~12d后开始附底变态,变态期间消化道形态也随之改变。变态第1d的消化道与海球幼体后期的无明显差异;变态第2d,肠环增多至4个不明显的“C”环,翻吻基本形成,触手不明显;变态第2~3d,吻前形成指状突,由翻吻和躯体包卷食物并卷入口部,食物打通口部后进入消化道;变态第4~5d,肠环明显,膨大似胃部的前段已经不明显,肠螺旋约8~10环;变态第5~7d,肠环明显增多并发育成双肠环,已失去摄食器官口前纤毛轮;变态第7~10d,海球幼体成为稚星虫,其消化道结构与成体的基本相同,吻变长,完全适应底栖生活。

方格星虫从稚星虫至成体阶段,消化道形态无明显变化,但吻部触手变多,由5个指状突发育成10个以上的指状突,呈马蹄形,伸出时葵花状。消化道长度和宽度随生长相应增加。取样并解剖池塘中间培育与海区养殖的方格星虫,每期取样20尾,将其消化道自然放平后测量长度,结果见表1。

表1 方格星虫消化道生长变化情况

养殖时间(d)	平均体重(g)	消化道长度(cm)
60	0.23	8.3±0.5
80	0.33	10.9±0.7
100	0.71	18.6±0.4
180	1.55	31.5±1.5
380	20.6	78.4±3.2

2.3 不同成生阶段的方格星虫摄食习性

方格星虫在海球幼体阶段营浮游生活,由口前纤毛滤食小型浮游生物。当海球幼体变态至底栖阶

段,其摄食器官形态和生活习性改变。食性由滤食浮游性食物转变为摄食沙粒以及附在沙粒上的底栖藻类和有机碎屑。由触手选择合适的食物,经咽和食道滑入肠道内。在稚星虫开始阶段,摄食活动多在夜间进行。海区养殖方格星虫多在夜间涨潮时出穴觅食,于穴口周围用翻吻和葵花状触手摄食沙粒以及有机质。目前,常见的底栖藻类多为底栖性硅藻。在底栖硅藻丰富的海区,方格星虫生长速度快。以海球幼体开始附底变态作为变态期1d,方格星虫不同幼体阶段摄食食物组成与摄食方式见表2。

表2 方格星虫不同幼体阶段摄食变化

时期	主要食物组成	摄食特点
海球幼体阶段	浮游单胞藻以及小型浮游生物	口前纤毛滤食
变态期1~2d	浮游单胞藻以及小型浮游生物	口前纤毛滤食,摄食较少甚至基本不摄食
变态期2~3d	沉积单胞藻、底栖藻类碎屑以及其它有机碎屑,体型小于50 μ m的底栖单胞藻类,细粉沙(<100 μ m)	由翻吻包卷食物和躯体伸缩共同完成摄食过程
变态期5~10d	沉积单胞藻、底栖藻类碎屑以及其它有机碎屑,体型小于100 μ m底栖单胞藻类,细粉沙(<150 μ m)	由翻吻包卷食物并送入消化道内
稚星虫阶段	有机碎屑、底栖藻类和沙粒	由翻吻包卷食物并送入消化道内,摄食能力增强

方格星虫海球幼体的食物主要为单胞藻类。初孵海球幼体体型较大,可以摄食体型偏大的扁藻。人工育苗混合投喂常见的扁藻、小球藻、金藻、角毛藻以及酵母等。海球幼体于29~32 $^{\circ}$ C,经历9~12d生长进入变态期,期间单胞藻饵料的投喂浓度为1~5 $\times 10^4$ cell/ml,多种饵料搭配效果较佳。变态完成后辅以投喂底栖硅藻。在方格星虫幼体底栖生活期间,底质中有机质所占比例达0.5%时,它可以正常生长。于方格星虫幼体周围散放沙粒,用解剖镜观察变态8d后的幼体,发现其摄食时翻吻向四周伸出,翻吻与沙粒的相遇频率为30次/分钟,3min内摄食沙粒19个,较小的沙粒直接被成团吞食,大于触手基部直径的沙粒不被摄食。

解剖池塘中间培育和海区养殖的方格星虫,发现饱食时整个消化道充满食物并且部分肠体膨大成胃状。主要在第1肠环和第2肠环重叠部分膨大,肠环下降支靠近躯干的末端也易膨大,膨大部分为无食物肠径的2.5~3倍。成体方格星虫饱食时摄食食物的重量可达其体重的56%。体重小于1g的方格星虫,体内沙粒直径一般小于2mm;成体方格

星虫摄食沙粒的直径一般小于4mm。方格星虫所摄食沙粒组成与其养殖环境有关。若养殖环境的沙粒偏大,方格星虫难以摄食沙粒,但可以摄食沙粒间的有机质,所以生长速度并未减缓,只是成活率低。统计方格星虫不同生长阶段摄食沙粒组成,结果见表3。

表3 方格星虫消化道内沙粒组成

变态后时间 (d)	沙粒组成(%)			
	<250 μ m	250~500 μ m	0.5~1mm	1~2mm
10	55.6	44.4	0	0
90	37.2	32.6	28.7	1.5
360	25.1	14.2	39.7	21.0

摄食新的食物可以推进消化道内的食物,但是在无摄食条件下,消化道内食物也可以被正常推进,这与消化道运动和纤毛输送有关。方格星虫的潜沙运动也能摄食部分食物,潜沙时翻吻和触手也伸出。解剖观察于玻璃缸内潜沙10cm的成体方格星虫,发现其可摄食相当于约1/45肠段的食物。

分别将空肠和消化道含沙量均值约为2.0g的方格星虫(平均体重20.0g)投放于沙层上和无沙环境,并使水体没过方格星虫。统计实验条件下的摄食沙子量和排沙量。空肠的方格星虫投放24h后,摄食沙子量约占消化道长度的30%~50%,肠道内含沙区段部分为空、非连续性、无明显膨胀区段;统计无沙环境中50条方格星虫的排沙情况。发现投放0~24h、24~48h、48~72h等时间段内的排沙量分别为38.7g、14.5g、5.1g。方格星虫肠道内食物更新速度较快,幼体时明显,成体一般在2~3d内也可以排空肠道,排出不能消化的沙粒,从而进一步获取新鲜的饵料。

3 讨论

3.1 方格星虫消化能力

方格星虫消化道无专门的消化腺^[6],消化能力较差。生长过程为满足营养需求,消化道随体长增长而变长和变宽。肠作为方格星虫消化道的主体,最终长度约为体长的4倍,相互螺旋,形成2个肠环,肠环间排列紧密。这可以延长体内食物消化与营养物质吸收的时间;肠的横向延展性好,能容纳的食物也相应增多,部分区段因容纳食物过多而膨大似胃部。成体方格星虫可以摄食相当于其体重56%的食物;运动与牵肠肌纤维共同作用可进一步研磨肠道的食物。这些特点都提高了消化食物的能

力,弥补了方格星虫无专门消化腺的不足。与可口革囊星虫^[7]相比,方格星虫体腔空间较大、双肠环以及肠的横向延展性较好,能进一步提高摄食能力和研磨能力,维持机体生命活动需要。

3.2 方格星虫海球幼体培育与饵料、密度关系

兰国宝等^[8]提出方格星虫海球幼体不同阶段可以投喂不同的饵料来提高其生长速度。笔者研究发现,多种饵料搭配投喂略优于单一饵料投喂。部分时间段,虽然饵料浓度过高,却并未造成海球幼体死亡现象;培育密度对海球幼体培育的影响较大。例如减缓生长速度、影响个体大小甚至延迟变态时间。另外,过高的培育密度容易造成海球幼体的纤毛粘连,影响摄食;同时排泄物较多,影响水质。

3.3 底质沙粒组成与方格星虫存活率关系

初变态的方格星虫由于口较小,不能摄食较大直径的沙粒,主要以细粉沙和有机碎屑为食。孙小真等^[9]认为,细沙+粘土(3:1)对培育方格星虫稚虫的效果较好。但事实上,由于方格星虫幼体变态时潜沙能力较弱,在室内底栖苗培育期间,底质中过多的细沙或粘土会使底质较硬并滋生较多的细菌,造成幼体死亡。因而在底质沙粒组成上可适当增加粗沙的含量,以形成疏松的底质。池塘中培过程中,过硬的底质也会影响方格星虫的生长速度并降低其存活率。同时,在因底质中有机质过于丰富而腐臭的区域,方格星虫呈现迁移甚至死亡现象。

参考文献:

- [1] 陈细香,林秀雁,卢昌义,等.方格星虫属动物的研究进展[J].海洋科学,2008,32(06):66-70.
- [2] 吴斌.光裸方格星虫(*Sipunculus nudus* L.)生殖细胞及胚胎发育[J].广西科学,1999,6(03):222-226.
- [3] 兰国宝,阎冰.方格星虫繁殖生物学研究[J].水产学报,2002,26(06):503-509.
- [4] Hyman L. H. The invertebrates[M]. New York: McGraw Hill Press, 1959. 611-696.
- [5] 兰国宝,阎冰,廖思明.方格星虫胚胎与幼体发育的研究[J].热带海洋学报,2003,22(06):70-75.
- [6] 邓中日,黄勃.裸体方格星虫消化道组织学研究[J].海洋科学,2009,33(04):40-44.
- [7] 应雪萍,童莉里,黄晓雷.可口革囊星虫消化道的形态及组织学结构[J].动物学杂志,2005,40(05):14-20.
- [8] 兰国宝,廖思明,阎冰,等.方格星虫幼体饵料研究[J].水产科学,2005,24(02):1-4.
- [9] 孙小真,刘志刚.不同底质对方格光裸星虫稚虫存活及生长的影响[J].海洋与渔业,2007,(02):20-22.

(责任编辑:陈小玲)